

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОНДЕНСАЦИОННЫХ СИСТЕМ АГРЕГАТОВ СИНТЕЗА АММИАКА

А.К. Бабиченко

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Проведен анализ состояния и влияния блоков конденсации отделения синтеза на энергоэффективность производства аммиака. Установлена чрезмерная ее зависимость от температуры атмосферного воздуха, что обусловлено применением в блоке первичной конденсации аппаратов воздушного охлаждения.

Разработано аппаратно-технологическое оформление систем охлаждения блоков конденсации, позволяющие снизить расход электроэнергии и топливного природного газа соответственно на 20,27 кВт·ч/т. NH_3 и 3,67 м³/т. NH_3 .

Одними из базовых для азотной промышленности России и Украины являются крупнотоннажные агрегаты синтеза аммиака мощностью 1360 т/сутки с двухступенчатой системой конденсации продукционного аммиака, построенные по традиционной принятой во всех аммиачных производствах индустриально развитых стран схеме. Эти агрегаты, введенные в эксплуатацию по проектам ГИАП, по потреблению электроэнергии и природного газа уступают лучшим зарубежным аналогам в 2,5 и 1,25 раза соответственно. Такое превышение в значительной мере связано с чрезмерной энергоемкостью блоков вторичной конденсации (более 40 % от общего потребления электроэнергии) и компрессии газовой смеси (более 3 % от потребления природного газа). В блоке вторичной конденсации это обусловлено применением аммиачного турбокомпрессорного холодильного агрегата (АТК) с потреблением электроэнергии свыше 24 тыс. МВт·час/год, а в блоке компрессии – использованием природного газа во вспомогательном паровом котле в количестве более 16 млн. м³/год. Кроме того, в агрегате безвозвратно теряется низкопотенциальная теплота отработанного пара турбин в количестве свыше 240 тыс. Гкал/год с потреблением электроэнергии на ее конденсацию до 7 тыс. МВт·час/год. Таким образом, энергоэффективность агрегата синтеза может быть повышена путем модернизации аппаратно-технологического оформления за счет исключения АТК, утилизации низкопотенциальной теплоты отработанного пара и снижения расхода природного газа во вспомогательный паровой котел.

Проведенный анализ условий эксплуатации конденсационных систем отделения синтеза, схема которого представлена на рис. 1, свидетельствует, что увеличение расхода электроэнергии связано с необходимостью повышения холодопроизводительности АТК для стабилизации температуры вторичной конденсации после низкотемпературных испарителей жидкого

аммиака на регламентном уровне 0°C вследствие увеличения тепловой нагрузки на блок вторичной конденсации в условиях повышения температуры атмосферного воздуха в весенне-летний период.

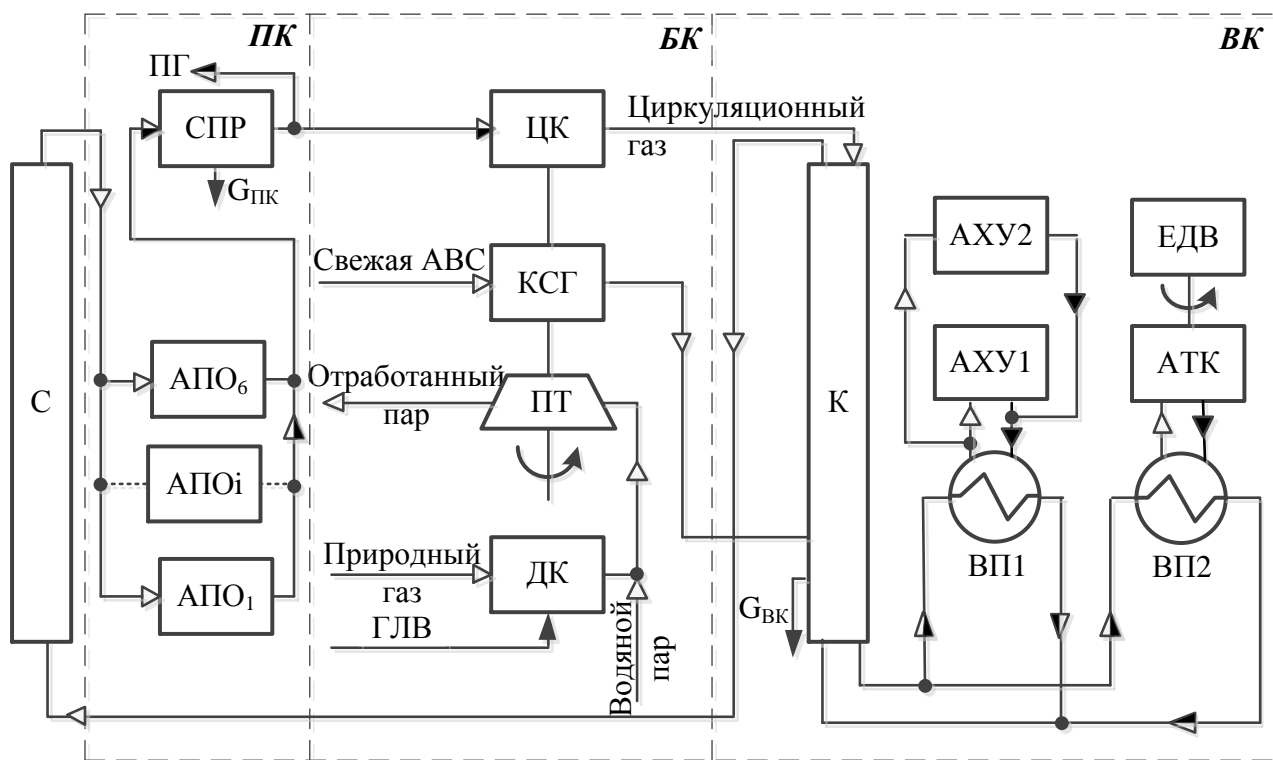


Рис. 1. Блок-схема отделения синтеза аммиака: С – колонна синтеза; ПК, ВК – блоки первичной и вторичной конденсации; ЦК – циркуляционный компрессор; КСГ – компрессор свежей азото-водородной смеси (АВС); ПТ – паровая турбина; К – конденсационная колонна; ВП1, ВП2 – низкотемпературные испарители аммиачные; АХУ1, АХУ2 – абсорбционно-холодильные установки; АТК – турбокомпрессорный с электроприводом холодильный агрегат; БК – блок компрессии; ДК – вспомогательный паровой котел; АПО – аппарат воздушного охлаждения; СПР – сепаратор жидкого аммиака; ЕДВ – электродвигатель; $G_{ПК}$, $G_{ВК}$ – продукционный аммиак; ГЛВ – глубокообессоленная вода.

Такая необходимость усугубляется еще и особенностями работы двух параллельно подключенных к одному из двух испарителей абсорбционно-холодильных установок (АХУ), а именно – невозможностью одновременного повышения их холодопроизводительности и снижения температуры кипения в межтрубном пространстве испарителя [1]. Увеличение температуры атмосферного воздуха, а следовательно и температуры первичной конденсации из-за применения аппаратов воздушного охлаждения повышает тепловую нагрузку и на последующий в циркуляционной схеме отделения синтеза блок компрессии с паровой турбиной. При этом повышение температуры первичной конденсации в диапазоне от 30 до 40°C увеличивает потребление тепловой энергии на валу турбины на 650 кВт·ч. С учетом

расходных коэффициентов турбины по пару и вспомогательного котла по природному газу такое повышение температуры увеличивает расход обессоленной воды и природного газа соответственно на 8 т/ч и 510 $\text{нм}^3/\text{ч}$ [2]. Поэтому повышение энергоэффективности и экономичности агрегата может быть достигнуто снижением температуры первичной конденсации.

Решение задачи снижения температуры первичной конденсации осуществлялось путем применения дополнительной холодильной системы с включением высокотемпературного испарителя её после аппаратов воздушного охлаждения блока первичной конденсации [2]. Как показал анализ литературы и технологического оформления агрегата синтеза, целесообразно использование парожекторной холодильной установки (ПХУ) с легкокипящим холодильным агентом – аммиаком. Использование последнего позволяет обеспечить работу ПХУ рабочим паром с давлением 3 МПа за счет утилизации теплоты отработанного пара турбин компрессора технологического воздуха температурой до 90 $^{\circ}\text{C}$, давлением 0,04 Мпа при расходе 54,5 т/ч, безвозвратно теряемой в настоящее время в аппаратах воздушного охлаждения с электроприводом от 3-х вентиляторов, потребляющих 972 кВт·ч электроэнергии.

Расчет цикла ПХУ для обеспечения температуры первичной конденсации в диапазоне 25 ÷ 40 $^{\circ}\text{C}$ при давлении конденсации холодоагента 1,6 МПа позволили установить необходимые расходы холодильной энергии, холодоагента, рабочего пара и отработанного водяного пара. В результате чего были установлены эксплуатационные затраты для конденсационных систем ($C_{\text{АТК}}$, $C_{\text{ПХУ}}$) и вспомогательного парового котла ($C_{\text{ДК}}$) от температуры первичной конденсации, представленные на рис. 2.

С учетом этих затрат была построена результирующая кривая C_0 на уровне цен для предприятий Украины за 2008 г. Как видно из графика (рис. 2), при температуре первичной конденсации 27 $^{\circ}\text{C}$ обеспечиваются минимальные затраты на уровне 3600 грн/ч. При этом резкий скачок затрат электроэнергии обусловлен недостатком существующего способа регулирования производительности, а именно в диапазоне лишь 50 ÷ 100 %. Это же наблюдается и для результирующей кривой.

Проведенные в осенне-зимний период исследования на промышленном агрегате подтвердили возможность отключения АТК из схемы работы агрегата при температуре 27 $^{\circ}\text{C}$, снижение которой до такого уровня наблюдается при температуре атмосферного воздуха не более 5 $^{\circ}\text{C}$. Однако достигаемая холодопроизводительность двух АХУ составила 6,8 МВт, что в весенне-летний период обеспечить невозможно из-за повышенной температуры воды и воздуха, охлаждающих абсорбер и конденсатор. В связи с этим были проведены специальные исследования по установлению закономерностей протекающих тепло – и массообменных процессов в основных аппаратах АХУ, позволившие уточнить их математические модели. Результаты исследований методом математического моделирования позволили осуществить синтез энерготехнологического оформления АХУ повышенной холодопроизводительности в условиях увеличения температуры

атмосферного воздуха, которая обеспечивается дополнительной ректификацией паров жидким холодоагентом из конденсатора, проведением процессов генерации-ректификации под пониженным, а конденсация под повышенным давлением за счет включения между ними струйного компрессора и дополнительного переохлаждения жидкого холодоагента в водяном переохладителе перед паровым переохладителем [4]. При этом генерируемая холодопроизводительность двух АХУ увеличивается до 7,4 МВт, почти в 5 раз снижается расход дренируемой флегмы из испарителя и достигается снижение температуры вторичной конденсации на 2,5 °С.

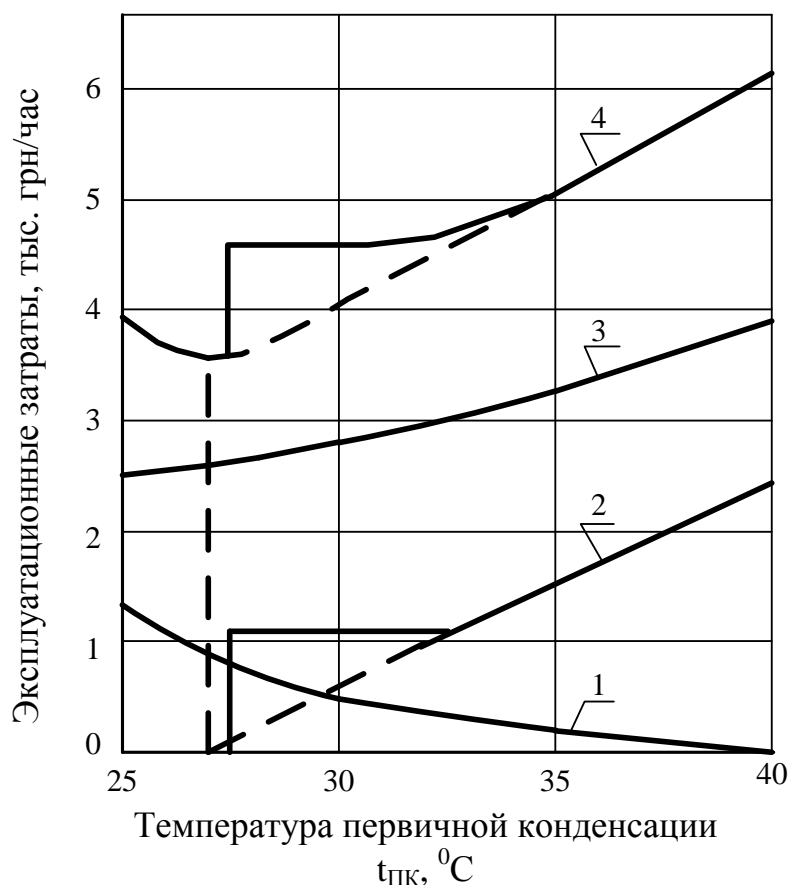


Рис. 2. Эксплуатационные затраты конденсационных систем и вспомогательного парового котла от температуры первичной конденсации при постоянной температуре вторичной конденсации 0 °С: 1 – $C_{ПХУ}$; 2 – $C_{АТК}$; 3 – $C_{ДК}$; 4 – $C_{О}$.

Основные технико-экономические показатели действующего и предложенного аппаратурно-технологического оформления конденсационных систем агрегатов синтеза при производительности 55,625 т/ч сведены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 показывает, что применение ПХУ обеспечивает перераспределение холодильной энергии в блоках конденсации – увеличение её для первичной с 11,81 до 16,05 МВт·ч и уменьшением её для вторичной конденсации с 10,06 до 7,2 МВт·ч. При этом обеспечивается не только исключение АТК из схемы агрегата синтеза, но и снижение нагрузки на блок

компрессии, за счет чего в условиях повышенной температуры атмосферного воздуха снижается расход электроэнергии, природного газа и обессоленной воды для подпитки соответственно на 2088 кВт·ч, 305 м³/год и 1,8 т/ч. Уменьшаются и выбросы оксидов азота в атмосферу при снижении природного газа на 0,9 кг/ч.

Таблица 1

Основные технико-экономические показатели действующего и предложенного аппаратурно-технологического оформления конденсационных систем в условиях повышенной температуры атмосферного воздуха 25 °С

Наименование		Аппаратурное оформление	
		действующее	новое
Блок первичной конденсации	Генерированная холодильная энергия, МВт·ч:	11,81	16,05
	АПО	11,81	11,81
	ПХУ	–	4,24
	Расход электроэнергии, кВт·ч:	480	1680
	АПО	480	480
	ПХУ	–	1000
Блок компрессии и паропрообразования	Потребление тепловой энергии на привод турбины, МВт·ч	32,54	31,99
	Расход водяного пара на турбину, т/ч	274,66	270,02
	Расход природного газа во вспомогательный паровой котел, м ³ /год	1684	1379
	Расход электроэнергии на конденсацию отработанного водяного пара турбин, кВт·ч	972	548
Блок вторичной конденсации	Генерированная холодильная энергия, МВт·ч:	10,06	7,2
	две АХУ	6,44	7,2
	АТК	3,62	–
	Расход электроэнергии, кВт·ч:	3784	1120
	две АХУ	720	1120
	АТК	3064	–
	Расход обессоленной воды, т/ч:		
	две АХУ	840	880
Конденсационные блоки в целом	АТК	100	–
	Расход жидкого аммиака в АТК для межступенчатого охлаждения, т/ч	1,0	–
	Обобщенные показатели потребления:		
	электроэнергии, кВт·ч	5236	3148
	природного газа, м ³ /ч	1684	1379
	обессоленной воды, т/ч	940	880
	Общие затраты энергоносителей, грн./ч	5879,8	4293,5
	Вредные выбросы оксидов азота в атмосферу, кг/ч	4,98	4,08

Ожидаемый экономический эффект при модернизации агрегата синтеза за счет снижения расхода электроэнергии, топливного природного газа и

вредных выбросов в атмосферу соответственно на 20,27 кВт·ч/т. NH_3 , 3,67 м³/т. NH_3 и 3,9 т составит в ценах за 2008 г. для предприятий Украины около 6 млн. грн.

Список литературы

1. Бабиченко А.К. Исследование энергетической эффективности абсорбционно-холодильных установок крупнотоннажных агрегатов синтеза аммиака / А.К. Бабиченко, В.И. Тошинский, Ю.А. Бабиченко // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – № 32. – С. 66 – 73.
2. Бабіченко А.К. Вплив температури первинної конденсації на ефективність експлуатації великотоннажних агрегатів синтезу аміаку / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський // Східно – Європейський журнал передових технологій. – Харків: «Технологічний центр», 2008. – № 3/4. – С. 23-27.
3. Пат. 34437 Україна, МПК F25B 15/02, F25B 49/00, C01 C 1/00. Установа для виробництва аміаку / Бабіченко А.К., Тошинський В.І.; заявник та власник патенту НТУ «ХПІ». – № u200803380; заявл. 17.03.2008; опубл. 11.08.2008, Бюл. № 15.
4. Пат. 42161 Україна, МПК F25B 15/00, F25B 49/00, C01 C 1/00. Установа для виробництва аміаку / Бабіченко А.К., Тошинський В.І., Красніков І.Л., Деменкова С.Д.; заявник та власник патенту НТУ «ХПІ». – № u200900599; заявл. 17.01.2009; опубл. 25.06.2009, Бюл. № 12.